

Perancangan Usulan Pemeliharaan Berdasarkan Analisis Nilai Reliability, Availability, Maintainability Dan Safety (Rams) Pada Mesin Gas Gas Turbine Di Pt. Xyz

1st Diansah Hidayat
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

[diansahhidayat@student.telkomuniversi
ty.ac.id](mailto:diansahhidayat@student.telkomuniversi
ty.ac.id)

2nd Judi Alhilman
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

alhilman@telkomuniversity.ac.id

3rd Fransiskus Tatas Dwi Atmaji
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

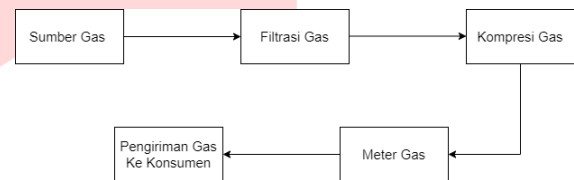
franstatas@telkomuniversity.ac.id

Abstrak— PT. XYZ merupakan perusahaan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak dibidang transportasi gas di Indonesia. Mesin *Gas Turbine C-101-AT* merupakan salah satu mesin yang bekerja dengan waktu yang lama, pada mesin *Gas Turbine C-101-AT* yang memiliki kerusakan mesin *Gas Turbine C-101-AT* sebanyak 37 dalam waktu 4 tahun. Berdasarkan permasalahan tersebut diperlukan penelitian untuk menilai mesin dengan metode *Reliability, availability, Maintainability* dan *Safety* (RAMS) nilai *safety* berupa tingkatan *Safety Integrity Level* (SIL). Berdasarkan perhitungan RAMS Analysis dengan menggunakan pemodelan *Reliability Block Diagram* (RBD) dan *analytical approach*, nilai *reliability* pada mesin *Gas Turbine Compressor C-101-AT* dengan rentang waktu 163 hingga 3177 jam, didapatkan hasil saat $t=163$ jam sebesar 98.03%, dan pada saat $t=3177$ jam 36.49%. Nilai *maintainability system* untuk mencapai 100% dibutuhkan waktu $t=7$ jam. Nilai *inherent availability system* mencapai 99,95 dan nilai *operational availability system* sebesar 99,99%. Mesin *Gas Turbine C-101-AT* mendapatkan nilai *Safety Integrity Level* pada tingkat terendah yaitu 1. Melihat tingginya *availability* mesin dan rendahnya *reliability system* mesin. Melakukan perancangan usulan pemeliharaan, dilakukan usulan pemeriksaan tambahan pada pemeriksaan harian dengan mengecek sistem dan subsistem pada mesin, dan mengecek temperatur suhu mesin, dan melakukan perancangan pada pola pengoperasian mesin setiap 1 bulan.

Kata Kunci-- *Maintenance, Gas Turbine, Reliability, Availability, Maintainability, Safety, Safety Integrity Level (SIL).*

I. PENDAHULUAN

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dibidang transportasi gas bumi, dalam kegiatan hulunya baik nasional maupun internasional PT. XYZ mempunyai 5 distrik yaitu distrik cilamaya, distrik bitung, distrik tegalgede, distrik mundu, dan distrik jakarta. Namun pada distrik jakarta tidak memiliki stasiun kompresor gas. Berikut alur proses produksi di PT. XYZ.



GAMBAR 1
Alur Proses Produksi PT XYZ

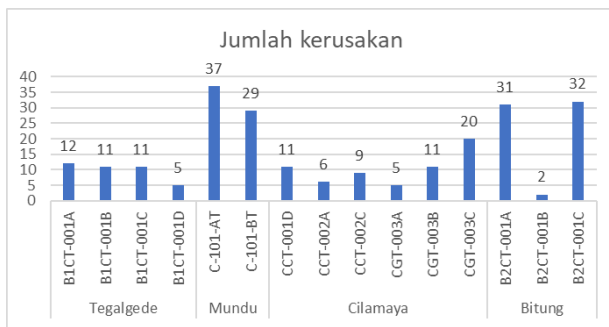
Gambar 1 menunjukkan alur dari proses produksi pada PT. XYZ. Pada proses pendistribusian gas pada mesin *Gas Turbine Compressor* yang melewati 5 tahap dari yang pertama perusahaan mengambil gas dari sumber gas, kemudian selanjutnya dilakukan filtrasi untuk memfilter gas supaya gas tersebut bebas dari kotoran, Selanjutnya mesin *Gas Turbine* mengkompresi gas untuk didistribusikan ke konsumen dan dilakukan pengecekan pada meter gas oleh operator untuk memastikan output yang sesuai. pada penelitian ini berfokus ke kompresi gas dikarenakan mesin utama pada proses produksi yaitu *Gas Turbine Compressor*. Mesin *Gas Turbine Compressor* dimiliki pada distrik Tegalgede, Mundu, Cilamaya dan Bitung.



GAMBAR 2
Mesin Gas Gas Turbine Compressor

Gambar 2 merupakan mesin *Gas Turbine Compressor*, mesin *Gas Turbine compressor* merupakan salah satu mesin utama dalam proses produksi, Mesin ini memiliki pengaruh

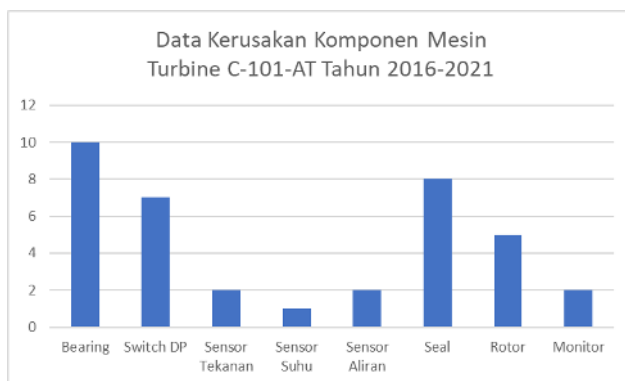
yang sangat besar bagi perusahaan, apabila terjadi kerusakan pada saat pengoperasian maka akan menyebabkan *downtime*.



GAMBAR 3

Data Frekuensi Kerusakan Mesin *Gas Turbine* Compressor tahun 2016 – 2020

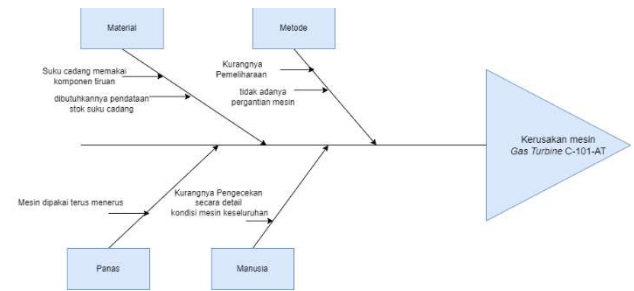
Berdasarkan Gambar 3, dapat diketahui bahwa dari keempat distrik yang sering mengalami kerusakan yaitu pada mesin *Gas Turbine* C-101-AT di distrik mundu mengalami 37 kali kerusakan dalam periode empat tahun. Pada kerusakan mesin ini memiliki 8 komponen yaitu bearing, switch DP, sensor tekanan, sensor suhu, sensor aliran, seal, rotor dan monitor. Gambar dibawah memperlihatkan grafik kerusakan komponen mesin *Gas Turbine* C-101-AT yang dimiliki PT XYZ tahun 2016 – 2021:



GAMBAR 4

Data Kerusakan Komponen Mesin C-101-AT

Berdasarkan grafik gambar diatas, dapat diketahui bahwa komponen yang sering mengalami kerusakan yaitu pada komponen bearing dan seal. Pada komponen bearing mengalami 10 kali kerusakan, sedangkan komponen seal mengalami 8 kali kerusakan dalam periode empat tahun terakhir. kerusakan ini terjadi akibat mesin yang terus beroperasi dengan jam yang tinggi dan mengakibatkan pemuatan terus- menerus dengan seiringnya waktu berjalan. Kerusakan seal dan bearing ini dapat mengganggu proses penyaluran gas maka dari itu pentingnya pemeliharaan dan perbaikan mesin untuk mengurangi kerusakan. Kegiatan *preventive maintenance* juga merupakan hal yang penting untuk mengurangi kegiatan kerusakan yang ditimbulkan mesin *Gas Turbine* C-101-AT. Tingkat frekuensi kerusakan yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada mesin. berikut Faktor – faktor yang dapat diilustrasikan dengan menggunakan diagram *fishbone* sebagai berikut:



GAMBAR 5
Fishbone Diagram Mesin *Gas Turbine*

Gambar 5 merupakan diagram *fishbone* dari mesin *Gas Turbine* C-101-AT diketahui bahwa kerusakan, yaitu terdapat faktor dari manusia, panas, material, dan metode. Dalam penerapan faktor tersebut dianggap belum maksimal sehingga menyebabkan kerusakan pada mesin *Gas Turbine* C-101-AT. Mesin yang bekerja secara terus menerus akan mengalami penurunan keandalan mesin dan mengakibatkan kerusakan. Oleh karena itu perawatan dibutuhkan keamanan untuk melihat sistem mesin *Gas Turbine* C-101-AT pada saat beroperasi. Metode RAMS bertujuan untuk menganalisis nilai *Reliability*, *Availability*, *Maintainability*, dan *Safety*. Dengan menggunakan metode RAMS dapat mengatasi permasalahan PT. XYZ mengenai pemeliharaan mesin berdasarkan nilai RAMS, sehingga performa mesin *Gas Turbine* meningkat dan menurunkan kerusakan pada mesin.

II. KAJIAN TEORI

Teori yang digunakan pada penelitian ini berkaitan dengan mata kuliah Statistika Industri, Perancangan dan Pengendalian Produksi, dan Perencanaan dan Pengendalian Produksi

A. Maintenance

Pemeliharaan mesin merupakan kegiatan yang sangat penting untuk kelancaran suatu proses produksi, Pemeliharaan yang baik adalah pemeliharaan yang dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan selama proses produksi atau kegiatan operasional perusahaan yang sedang berlangsung. Pemeliharaan yang baik akan menjamin kelancaran proses produksi [1]. Tujuan utama dari pemeliharaan adalah menjaga agar seluruh fasilitas yang digunakan untuk menghasilkan kinerja mesin dapat beroperasi atau berfungsi sebagaimana mestinya. Perawatan dibagi beberapa jenis, yaitu:

1. Preventive maintenance

Pemeliharaan yang terjadwal dan terencana untuk mengantisipasi masalah-masalah yang dapat mengakibatkan kerusakan

2. Corrective Maintenance

Pemeriksaan, perbaikan dan penggantian pada tiap bagian alat yang tidak layak pakai lagi, baik karena rusak maupun batas maksimum waktu operasi yang telah ditentukan.

3. Corrective Maintenance

Pemeriksaan, perbaikan dan penggantian pada tiap bagian alat yang tidak layak pakai lagi, baik karena rusak maupun batas maksimum waktu operasi yang telah ditentukan.

B. Risk Matrix

Risk matrix adalah alat penilaian semi-kuantitatif yang digunakan untuk mengkategorikan dan memprioritaskan risiko kejadian dan memutuskan apakah risiko tertentu dapat di terima berdasarkan data statistik historis. *Risk matrix* adalah mekanisme untuk menentukan karakteristik dan memberi peringkat untuk setiap risiko yang sudah diidentifikasi [2]. Untuk setiap resiko tersebut dilakukan *risk assesment* berdasarkan tingkat *likelihood* dan *severity* menggunakan *risk matrix*.

C. Reliability, Availability, and Maintainability (RAM)

RAM adalah metode pemeliharaan yang digunakan untuk menghitung nilai keandalan, ketersediaan, dan kemampuan pemeliharaan suatu komponen atau sistem. RAM merupakan peran penting yang memiliki tujuan untuk mendapatkan nilai parameter distribusi untuk analisis kehandalan dan pemeliharaan [3].

D. Reliability

Reliability merupakan probabilitas dari suatu komponen atau sistem akan menginformasikan suatu fungsi yang dibutuhkan dalam rentang waktu periode tertentu yang akan digunakan dalam kondisi operasi. *Reliability* peluang suatu komponen atau sistem yang dapat beroperasi sesuai dengan fungsi yang diinginkan untuk suatu periode tertentu ketika digunakan dibawah kondisi operasi yang ditetapkan [4].

E. Availability

Availability Merupakan parameter yang berguna di mana menggambarkan jumlah waktu yang ada atau tersedia. Hal ini ditentukan oleh *reability* dan *maintaibility* suatu item [4]. *availability* dapat ditingkatkan dengan meningkatkan nilai keandalan dan kemampuanrawatan dari suatu sistem.

F. Maintainability

Maintanability adalah probabilitas bahwa suatu komponen yang rusak akan diperbaiki dalam jangka waktu (T), dimana pemeliharaan dilakukan dengan ketentuan yang ada [2]

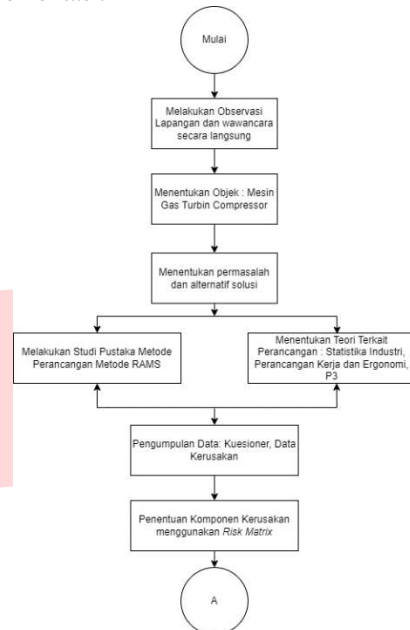
G. Safety

Safety merupakan kebebasan dari konidi yang dapat menyebabkan kegagalan terhadap ekseluruhan sistem. SIL adalah ukuran kinerja sistem keselamatan atau probabilitas kegagalan pada permintaan untuk SIF (*Safety Instrumented Function*) atau SIS (*Safety Instrumented System*) [6]

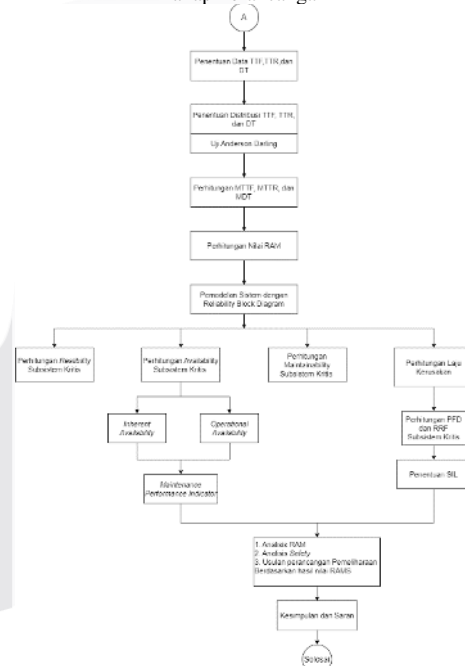
III. METODE

Reliability, Availability, Maintainability, and Safety (RAMS) menjadi penentuan perancangan usulan pemeliharaan berdasarkan analisis nilai *reliability, availability, maintainability* dan *safety* (RAMS) pada mesin *Gas Turbine compressor*. Penelitian ini menggunakan data

historis kerusakan komponen mesin C-101-AT pada periode 2016 – 2020. 4. Metode yang digunakan *Reliability, Availability, Maintainability* dan *Safety* sebagai penentuan perancangan usulan pemeliharaan. Hasil rancangan usulan dari penelitian ini terbatas hingga sampai tahap usulan, bukan tahap implementasi.



GAMBAR 6
Tahap Perancangan



GAMBAR 7
Tahap Perancangan (lanjutan)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Penentuan Komponen Kritis Mesin C-101-AT

Untuk menentukan komponen kritis pada mesin C-101-AT, peneliti menyebarkan kuesioner untuk mengetahui nilai *likelihood* dan *severity* dari setiap komponen yang terjadi kerusakan. Frekuensi komponen kerusakan didapatkan pada

data historis tahun 2016 - 2020. Komponen dari mesin C-101-AT dapat dilihat pada tabel IV.1

TABEL IV. 1
Komponen Mesin C-101-AT

No	Nama Komponen	Jumlah
1	Bearing	10
2	Switch DP	7
3	Sensor Tekanan	2
4	Sensor Suhu	1
5	Sensor Aliran	2
6	Seal	8
7	Rotor	5
8	Monitor	2

Tabel IV.1 merupakan komponen mesin yang memiliki frekuensi kerusakan. Setelah mendapatkan nama komponen yang rusak pada mesin C-101-AT, dapat menentukan nilai *Likelihood* dan *Severity* dengan cara menyebarkan kuisioner ke divisi *maintenance*.

B. Perhitungan MDT

Perhitungan parameter menggunakan aplikasi Avsim+ 9.0 untuk mendapatkan nilai parameter terhadap distribusi yang terpilih. Tabel IV.2 merupakan perhitungan MDT

TABEL IV. 2
Perhitungan MDT

Komponen	Distribusi	Parameter	(1+1/β)	Γ	MDT (Jam)
Bearing	Weibull	η 1.5929	1.31164 4	0.89273 5	1.422 0
		β 3.2087 9			
Seal	Weibull	η 1.5695 8	1.32501	0.89399 5	1.397 6
		β 3.0768 3			

C. Perhitungan MTTR

Perhitungan parameter menggunakan aplikasi Avsim+ 9.0 untuk mendapatkan nilai parameter terhadap nilai terhadap distribusi yang terpilih. Tabel IV.3 merupakan perhitungan MTTR.

Tabel IV. 3
Perhitungan MTTR

Komponen	Distribusi	Parameter	(1+1/β)	Γ	MTTR (Jam)
Bearing	Normal	μ 1.172	-	-	1.172
		σ 0.4831 5			
Seal	Weibull	η 1.4142 7	1.29973 7	0.89751 1	1.26932 2
		β 3.3362 5			

D. Perhitungan MTTF

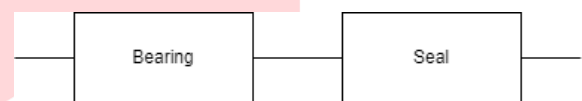
Perhitungan parameter menggunakan aplikasi Avsim+ 9.0 untuk mendapatkan nilai parameter terhadap distribusi yang terpilih. Tabel IV.4 merupakan perhitungan MTTF.

TABEL IV. 4
Perhitungan MTTF

Komponen	Distribusi	Parameter	(1+1/β)	Γ	MTTF (Jam)
Bearing	Weibull	η 4861.03	1.8051 46	0.908 09	4414.22
		β 1.24201			
Seal	Weibull	η 5726.44	1.6762 60	0.885 73	5072.06
		β 1.47872			

E. Reliability Block Diagram

Pemodelan *reliability block diagram* bertujuan untuk menunjukkan keterkaitan fungsi dari keadaan dan ketersediaan yang terdapat pada subsistem kritis mesin turbin compressor C-101-AT. Gambar 8 merupakan *reliability block diagram* dari mesin *Gas Turbine* C-101-AT



GAMBAR 8
Reliability Block Diagram

F. Perhitungan Reliability dengan Analytical Approach

Perhitungan *Reliability* dengan *Analytical Approach* bertujuan untuk melakukan perhitungan keandalan mesin dengan menggunakan *reliability block diagram* (RBD). Perhitungan *reliability* ini dilakukan dengan cara mengalikan parameter TTF yang di peroleh dengan waktu (dalam jam). Jangka waktu yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah 163 hingga 3177 jam dengan waktu interval 163 jam. Berikut bisa dilihat pada tabel IV.5

TABEL IV. 5
Analytical approach Reliability

t (hours)	Bearing	Seal	Reliability System
163	98.54%	99.48%	98.03%
336	96.44%	98.50%	95.00%
504	94.19%	97.29%	91.63%
672	91.79%	95.88%	88.01%
840	89.32%	94.32%	84.24%
1008	86.79%	92.62%	80.39%
1176	84.23%	90.82%	76.50%
1344	81.66%	88.93%	72.63%
1512	79.10%	86.97%	68.79%
1680	76.55%	84.95%	65.03%
1848	74.02%	82.88%	61.35%
2016	71.52%	80.77%	57.77%
2184	69.06%	78.63%	54.30%
2352	66.64%	76.47%	50.96%
2520	64.26%	74.30%	47.75%
2688	61.93%	72.12%	44.67%

2851	59.72%	70.01%	41.81%
3014	57.56%	67.90%	39.09%
3177	55.45%	65.81%	36.49%

Pada tabel diatas merupakan hasil perhitungan *analytical approach reliability*, Berdasarkan standar IVARA batas *reliability system* adalah 80%, sehingga nilai *reliability system* mesin *Gas Turbine C-101-AT* optimal pada saat $t=1008$ jam dengan nilai *reliability system* 80.39%.

G. Perhitungan Availability dengan Analytical Approach

Pada tahap ini dilakukan perhitungan *availability* mesin *Gas Turbine compressor C-101-AT*. Perhitungan ini dibagi menjadi 2 yaitu *inherent availability* dan *operational availability*.

1. Inherent Availability

Inherent Availability merupakan ukuran kesiapan suatu sistem atau komponen pada saat kondisi lingkungan ideal.

2. Operational Availability

Perhitungan *operational availability* menggunakan waktu operasional dan MDT, perhitungan didapatkan dari perkalian jam kerja, total hari kerja dalam 4 tahun. PT XYZ menerapkan sistem kerja 7 hari kerja, terdapat 3 shift kerja. Tabel berikut merupakan waktu operasional system.

TABEL IV. 7
Waktu Operasional

24 jam
300 hari
4 tahun
Total
28800 jam

Berdasarkan tabel IV.7 didapatkan total waktu operasional sebesar 28800 jam. Setelah mendapatkan waktu operasional, perhitungan *operational availability* setiap subsistem dengan *performance indicator* 95%. Berikut tabel hasil perhitungan *operational availability*.

TABEL IV.
5 Operational Availability

Subsistem	Operational Time	MDT	Availability	Performance Indicator (95%)
Bearing	28800	1.422	99.99%	Achieved
Seal	28800	1.397	99.99%	Achieved

Berdasarkan tabel IV.5 dapat dilihat nilai *operational availability* untuk setiap subsistem kritis mesin C-101-AT. Dari hasil perhitungan nilai *operational availability* setiap subsistem kritis, maka selanjutnya didapatkan nilai *availability system* 99.99%.

H. Perhitungan Maintainability

Pada tahap perhitungan *maintainability* merupakan perhitungan keberhasilan dari suatu sistem yang akan beroperasi kembali pada keadaan semula dalam periode waktu tertentu. Perhitungan *maintainability* menggunakan data MTTR yang dikalikan dengan waktu dalam satuan jam,

Perhitungan *inherent availability* menggunakan MTTF dan MTTR, tabel berikut merupakan merupakan hasil perhitungan *inherent availability* dengan *performance indicator* sebesar 95%.

TABEL IV.
6 Inherent Availability

Subsistem	MTTF	MTTR	Availability	Performance Indicator (95%)
Bearing	4414.22	1.172	99.97%	Achieved
Seal	5072.06	1.269	99.97%	Achieved

Berdasarkan tabel IV.6 Dapat dilihat nilai *inherent availability* untuk setiap subsistem kritis mesin C-101-AT. Dari hasil perhitungan nilai *inherent availability* setiap subsistem kritis, maka selanjutnya didapatkan nilai *inherent availability system* 99,95% dari perkalian nilai *inherent availability* pada subsistem kritis.

jarak waktu yang digunakan pada tugas akhir ini adalah 1 hingga 10 jam dengan interval waktu 1 jam. Tabel IV.6 merupakan perhitungan *maintainability*

TABEL IV.
6 Hasil Nilai Maintainability

t (hours)	Bearing	Seal
1	58%	55%
2	82%	79%
3	92%	91%
4	97%	96%
5	99%	98%
6	99%	99%
7	100%	100%
8	100%	100%
9	100%	100%
10	100%	100%

Pada tabel IV.6 merupakan hasil perhitungan *maintainability*. Waktu optimal mesin pada waktu 7 jam didapatkan 100%.

I. Perhitungan Safety

Perhitungan *safety* menerapkan perhitungan nilai kebebasan keselamatan sistem dari kondisi yang dapat menyebabkan kegagalan terhadap keseluruhan sistem. Dalam ruang lingkup pemeliharaan. *Safety analysis* pada sistem dapat didefinisikan dengan *Safety Integrity Level* (SIL). Tabel IV.7 merupakan perhitungan nilai lamda.

TABEL IV.
7 Nilai Lamda

Λ	
Subsistem	λ
Bearing	0.00023
Seal	0.0002

Setelah nilai lamda didapatkan, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai *probability failure on demand* (PFD). Dengan menggunakan persamaan PFD dimana nilai T_i

didapatkan dari penurunan *reliability system* tertinggi pada perhitungan *reliability system* tabel IV.8 merupakan hasil perhitungan nilai PFD

TABEL IV.
8 Nilai PFD

PFD	
Subsistem	PFD
Bearing	0.11418
Seal	0.09936

Tahap selanjutnya dilakukan perhitungan *risk reduction factor* (RRF) dengan menggunakan nilai PFD yang telah didapatkan sebelumnya. Pada tabel IV.9 merupakan hasil perhitungan RRF.

TABEL IV.
9 Nilai RRF

RRF	
Subsistem	RRF
Bearing	8.7584
Seal	10.0636

Tahap selanjutnya setelah mendapatkan nilai RRF adalah menentukan nilai *safety Integrity Level* (SIL). Sesuai standar IEC 61508 seperti pada tabel berikut:

TABEL IV.
10 Standar IEC 61508

SIL	PFD	RRF
4	<0,0001	>10000
3	0,001-0,0001	1000-10000
2	0,01-0,001	100-1000
1	0,1-0,01	10-100

Tabel IV.10 merupakan penentuan SIL terhadap nilai PFD dan RRF yang telah didapatkan.[3]

TABEL IV.
11 Nilai SIL

Subsistem	PFD	RRF	SIL
Bearing	0.11418	8.7584	1
Seal	0.09936	10.0636	1

Pada tabel IV.11 merupakan hasil penentuan SIL pada subsistem mesin *Gas Turbine* C-101-AT.

V. KESIMPULAN

Setelah melakukan pengolahan data dan analisis hasil rancangan, didapat kesimpulan sebagai berikut:

A. Berdasarkan perhitungan nilai *reliability*, *availability*, *maintainability* meliputi:

1. Nilai *reliability system* dalam jangka waktu 163 jam hingga 3117 jam dengan interval waktu 163 jam, didapatkan pada saat $t = 163$ jam sebesar 98,03%, kemudian menurun pada $t = 3117$ jam sebesar 36.49%. Berdasarkan standar IVARA batas *reliability system* adalah 80%, sehingga nilai *reliability system* mesin *Gas Turbine* C-101-AT optimal pada saat $t = 1008$ jam, yaitu sebesar 80,39%
 2. Nilai *maintainability system* mesin *Gas Turbine* C-101-AT didapatkan dalam jangka waktu 1 hingga 10 jam akan optimal atau memiliki performa terbaik pada saat diperbaiki adalah $t = 7$ jam.
 3. Nilai *inherent availability system* mesin *Gas Turbine* C-101-AT didapatkan sebesar 99,9% dan nilai *operational availability system* didapatkan sebesar 99,9%. Berdasarkan standar perusahaan menetapkan nilai *availability system* sebesar 95%, maka dapat diartikan bahwa *availability system* mesin *Gas Turbine* C-101-AT dalam keadaan baik
- B. Berdasarkan perhitungan *safety* didapatkan nilai *safety integrity level* sebesar 1 dari 4 tingkatan SIL. Hal ini menggambarkan bahwa tingkat keamanan mesin pada level terendah berdasarkan IEC 61508.
- C. Berdasarkan hasil nilai RAMS, diberikan usulan berupa rancangan pemeliharaan mesin dengan usulan penambahan pemeriksaan mesin harian dan rancangan pola pengoperasian mesin. dari hasil rancangan dapat diketahui bahwa rancangan pada penelitian ini memiliki bentuk yang mengarah pada kebijakan sistem pemeliharaan.

REFERENSI

- [1] Amrullah. (2019). Analisis Pelaksanaan Pemeliharaan mesin dalam upaya meningkatkan kelancaran proses produksi pada PT. Sri boga bakeries integra.
- [2] C.E, E. (1997). An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering. Boston: McGraw-Hill.
- [3] Lundteigen, Rausand, & Utne. (2009). Integrating RAMS engineering and management with the safety life cycle of IEC 61508.
- [4] P. Tsarouhas. (2018) Reliability, Availability, and Maintainability (RAM) Study of an Ice Cream Industry
- [5] Widariono, A. I. (2016). Analisis Reliability dan Safety Integrity Level (SIL) Pada Syntesis Gas Compressor 103-J Di Pabrik I PT Petrokimia Gresik.
- [6] El-Metwally, M., El-Shimy, M., Mohamed, A., Elshahed, M., & Sayed, A. (2018). Reliability assessment of wind turbine operating concepts using reliability block diagrams (RBDs). 2017 19th International Middle-East Power Systems Conference, MEPCON 2017 - Proceedings, 2018-February (December), 430–436. <https://doi.org/10.1109/MEPCON.2017.8301216>